

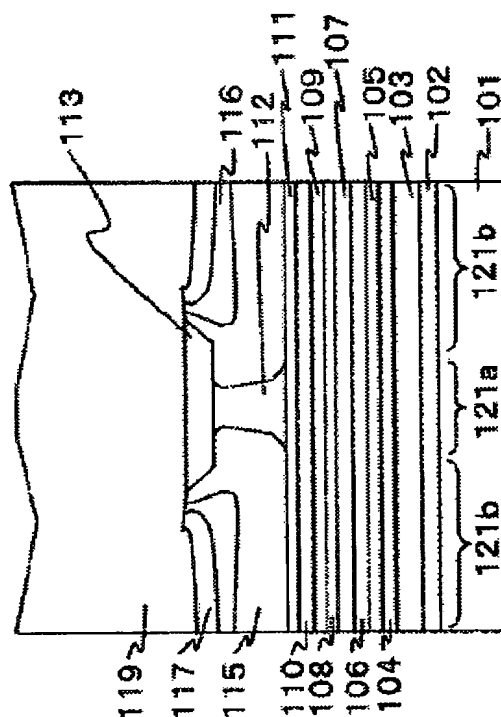
**SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND OPTICAL DISK REGENERATING RECORDING APPARATUS**

**Patent number:** JP2004158666  
**Publication date:** 2004-06-03  
**Inventor:** KASAI SHUSUKE; YAMAMOTO KEI; HIRUKAWA SHUICHI  
**Applicant:** SHARP CORP  
**Classification:**  
- international: H01S5/343; H01S5/223  
- european:  
**Application number:** JP20020323583 20021107  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP2004158666**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser device of high reliability, long life and high power whose oscillation wavelength is at least 760 nm but no more than 800 nm.

**SOLUTION:** In the laser device, an AlGaAs lower guide layer 105, an InGaAsP multiplex distortion quantum well active layer 107, and an AlGaAs upper guide layer 109 are laminated on a GaAs substrate 101. An AlGaInAs upper interface protective layer 108 is arranged between the layer 107, and the layer 109. An AlGaInAs lower interface protective layer 106 is arranged between the layer 107 and the layer 105. As a result, reproduction of crystal defects from interface between the upper and the lower guide layers 109, 105 to the multiplex distortion quantum well active layer 107 is restrained.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-158666

(P2004-158666A)

(43) 公開日 平成16年6月3日(2004.6.3)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01S 5/343

H01S 5/223

F I

H01S 5/343

H01S 5/223

テーマコード (参考)

5F073

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2002-323583 (P2002-323583)  
(22) 出願日 平成14年11月7日 (2002. 11. 7)(71) 出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
(74) 代理人 100062144  
弁理士 青山 保  
(74) 代理人 100086405  
弁理士 河宮 治  
(74) 代理人 100084146  
弁理士 山崎 宏  
(72) 発明者 河西 秀典  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社内  
(72) 発明者 山本 圭  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社内

最終頁に続く

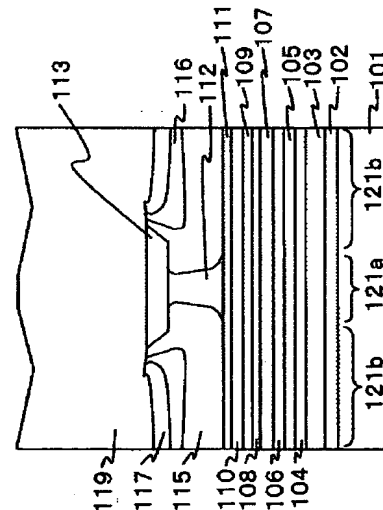
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置および光ディスク再生記録装置

## (57) 【要約】

【課題】 発振波長が760nm以上で800nm以下であり、高信頼性、長寿命、かつ、高出力な半導体レーザ装置を提供すること。

【解決手段】 GaAs基板101上に、AlGaAs下ガイド層105、InGaAsP多重歪量子井戸活性層107、AlGaAs上ガイド層109を積層している。InGaAsP多重歪量子井戸活性層107とAlGaAs上ガイド層109との間に、AlGaInAs上界面保護層108を設け、InGaAsP多重歪量子井戸活性層107とAlGaAs下ガイド層105との間に、AlGaInAs下界面保護層106を設ける。これにより、上、下ガイド層109、105の界面から多重歪量子井戸活性層107側への結晶欠陥の増殖を抑制する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

GaAs 基板上に、下ガイド層、InGaAsP からなる一層または複数層の量子井戸層および複数のバリア層を有する量子井戸活性層、上ガイド層が少なくとも積層されており、発振波長が760nm以上800nm以下である半導体レーザ装置において、AlGaInAs または AlGaInAsP からなる上、下界面保護層が、上記量子井戸活性層と上記上ガイド層との間と上記量子井戸活性層と上記下ガイド層との間に設けられていることを特徴とする半導体レーザ装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載の半導体レーザ装置において、上記上ガイド層および上記下ガイド層が AlGaAs からなることを特徴とする半導体レーザ装置。 10

## 【請求項 3】

請求項 2 に記載の半導体レーザ装置において、上記上ガイド層および上記下ガイド層の Al 混晶比が 0.2 より大きいことを特徴とする半導体レーザ装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載の半導体レーザ装置において、上記量子井戸層が 3.5 % 以内の圧縮歪を有することを特徴とする半導体レーザ装置。

## 【請求項 5】

請求項 4 に記載の半導体レーザ装置において、上記バリア層が 3.5 % 以内の引張歪を有することを特徴とする半導体レーザ装置。 20

## 【請求項 6】

請求項 1 に記載の半導体レーザ装置において、上記上、下界面保護層の有する歪が、上記量子井戸活性層の有する歪を補償していることを特徴とする半導体レーザ装置。

## 【請求項 7】

請求項 1 に記載の半導体レーザ装置を備えることを特徴とする光ディスク再生記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は半導体レーザ装置に関するものであり、特に高出力・高信頼性を実現できる半導体レーザ装置、および光ディスク再生記録装置に関するものである。 30

## 【0002】

## 【従来の技術】

半導体レーザ装置は光通信装置や光記録装置などに用いられるが、近年、その高速化・大容量化といったニーズが高まってきており、それに応えるために半導体レーザ装置の様々な特性を向上させるための研究開発が進められている。

## 【0003】

その中で、従来 CD や CD-R/RW といった光ディスク再生（記録）装置に用いられる 780nm 帯の半導体レーザ装置は、AlGaAs 系の材料により作製されている。CD-R/RW においても高速書き込みに対する要求は益々高まってきているため、これに対応するために半導体レーザ装置の高出力化が要求されている。 40

## 【0004】

従来の AlGaAs 系による半導体レーザ装置の概略図を図 12 に示し、構造を簡単に説明する。図 12 において、n-GaAs 基板 501 上に、n-GaAs バッファ層 502、n-Al<sub>0.45</sub>Ga<sub>0.55</sub>As 第 1 下クラッド層 503、n-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As 第 2 下クラッド層 504、Al<sub>0.32</sub>Ga<sub>0.67</sub>As 下ガイド層 505、図示しない Al<sub>0.11</sub>Ga<sub>0.88</sub>As 量子井戸層（層厚 70 Å、2 層）と Al<sub>0.34</sub>Ga<sub>0.65</sub>As バリア層（層厚 54 Å、1 層）を交互に配置してなる多重量子井戸活性層 506、Al<sub>0.32</sub>Ga<sub>0.67</sub>As 上ガイド層 507、p-Al<sub>0.47</sub>Ga<sub>0.52</sub>As 第 1 上クラッド層 508、p-GaAs エッチングストップ層 509 が順次積層されている。さらに、このエッチングストップ層 509 上に、メ 50

サストライプ状の $p\text{-Al}_{0.476}\text{Ga}_{0.524}\text{As}$ 第2上クラッド層510が形成され、その上部に底状の $p\text{-GaAs}$ キャップ層511が形成されている。また、上記第2上クラッド層510の両側には、 $n\text{-Al}_{0.685}\text{Ga}_{0.315}\text{As}$ 第1電流ブロック層512および $n\text{-GaAs}$ 第2電流ブロック層513が積層されて、メサストライプ状の領域以外の領域を電流狭窄部としている。、上記第2電流ブロック層513上には $p\text{-GaAs}$ 平坦化層514が設けられ、さらに全面に $p\text{-GaAs}$ コンタクト層515が積層されている。

#### 【0005】

この半導体レーザ装置の光出力ー電流特性の図を図7に示す。しきい値電流はおよそ35mAであり、COD（光学損傷：Catastrophic Optical Damage）レベル、すなわち、端面破壊レベルがおよそ160mWの半導体レーザ装置を実現することができる。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開平11-274644号公報（段落0053、図1）

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来のAlGaAs系の材料を用いた半導体レーザ装置では、活性なAlの影響により、高出力駆動時にレーザ光出射端面においてCOD（光学損傷：端面破壊）が起りやすく、最高光出力も160mW程度でしかなかった。このCODは、以下のようなメカニズムによって生じていると考えられる。共振器端面においては、Alが容易に酸化されるために、表面準位が形成される。量子井戸活性層に注入されたキャリアはこの表面準位を介して緩和し、その際に熱を放出するため、局所的に温度が上昇する。この温度上昇によって端面近傍の量子井戸活性層のバンドギャップが縮小し、レーザ光が端面近傍の量子井戸活性層で吸収され、それにより発生したキャリアが、また表面準位を介して緩和して発熱する。このような正帰還を繰り返すことにより最終的に端面が溶融して発振停止に至ると考えられる。従来の半導体レーザ装置では活性領域にAlが含まれているため、端面破壊が大きな問題となる。

#### 【0008】

そこで、本発明者らは活性領域にAlを含まない（Alフリー）材料であるInGaAsP系による高出力半導体レーザ装置の研究を進めた。もともとこの材料系は、同じバンドギャップのエネルギー（以下、 $E_g$ と言う。）であっても、コンダクションバンドのエネルギー（以下、 $E_c$ と言う。）とバレンスバンドのエネルギー（以下、 $E_v$ と言う。）の値が変わってくる。特に格子定数がGaAs基板に近い組成の場合、 $E_g$ はバレンスバンド側に広がってくる。よって、量子井戸層およびバリア層にInGaAsP系の材料を用いたとき、両層の間のバンドギャップエネルギー差（ $\Delta E_g$ ）を大きな値に設定しても、 $E_v$ の差（ $|\Delta E_v|$ ）ばかりが大きくなり、 $E_c$ の差（ $|\Delta E_c|$ ）は、AlGaAs系の半導体レーザ装置ほどに大きさを確保できない。そのため、井戸層およびバリア層からなる活性領域の外側には、十分な $\Delta E_c$ を確保し、電子のオーバーフローを防げるように、AlGaAs系の材料の層が必要となるが、量子井戸活性層との材料系の違いに起因すると考えられる結晶の劣化を抑える必要もある。

#### 【0009】

そこで、本発明の課題は、GaAs基板上の高出力半導体レーザ装置、とくにCD-R/RW用780nm帯高出力半導体レーザ装置において、高出力駆動状態において高信頼性・長寿命を有する半導体レーザ装置、およびその半導体レーザ装置を用いた光ディスク再生記録装置を提供することにある。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の半導体レーザ装置は、GaAs基板上に、下ガイド層、InGaAsPからなる一層または複数層の量子井戸層

および複数のバリア層を有する量子井戸活性層、上ガイド層が少なくとも積層されており、発振波長が760 nm以上800 nm以下である半導体レーザ装置において、AlGaInAsまたはAlGaInAsPからなる上、下界面保護層が、上記量子井戸活性層と上記上ガイド層との間と上記量子井戸活性層と上記下ガイド層との間に設けられていることを特徴としている。

【0011】

上記構成によれば、上記上、下ガイド層の界面から量子井戸活性層側への結晶欠陥の増殖を、上記バリア層でなくて、上記上、下界面保護層中のInにより抑制して、量子井戸活性層自体の劣化を防ぐことができ、高出力駆動時の高信頼性・長寿命を有する半導体レーザ装置が得ることができる。

【0012】

1実施の形態では、上記上ガイド層および上記下ガイド層がAlGaAsからなる。

【0013】

上記実施の形態によれば、発光再結合のおこるInGaAsPからなる量子井戸層には、上記AlGaInAsまたはAlGaInAsPからなる上、下界面保護層の存在により、AlGaAsからなる上、下ガイド層が隣接しなくて信頼性を確保しながら、上記上、下ガイド層がAlGaAsからなることにより、キャリアのオーバーフローはAlGaAsのコンダクションバンドのエネルギー ( $E_c$ ) およびバレンスバンドのエネルギー ( $E_v$ ) により十分に抑制する効果を得ることができる。したがって、高信頼性・長寿命な高出力半導体レーザ装置が実現できる。

【0014】

また、1実施の形態では、上記上ガイド層および上記下ガイド層のAl混晶比が0.2より大きい。なお、上記上、下ガイド層は活性領域の近くに位置しているため、Al混晶比が高すぎると信頼性に問題が出てくるため、Al混晶比は上限を0.7とするのが好ましい。

【0015】

上記実施の形態では、より好適に上述の効果が得られる。

【0016】

また、1実施の形態では、上記量子井戸層が圧縮歪を有する。

【0017】

上記実施の形態では、上記GaAs基板上的InGaAsPからなる量子井戸層が圧縮歪を有するから、特に780 nm帯において高信頼性・長寿命な高出力半導体レーザ装置が実現できる。

【0018】

また、1実施の形態では、上記圧縮歪の量が3.5%以内である。なお、量子井戸活性層が圧縮歪を有していることにより、高出力化・低しきい値電流化が図れるのであり、また偏光もTEモードとなるために、圧縮歪の量の下限は0%を超えていけばよい。

【0019】

上記実施の形態では、上記圧縮歪の量が3.5%以内であるので、より好適に上述の効果が得られる。

【0020】

また、1実施の形態では、上記バリア層が引張歪を有する。

【0021】

上記実施の形態では、InGaAsPからなる上記バリア層が引張歪を有して、圧縮歪を有する量子井戸層に対してその歪量を補償しているので、より安定した結晶をもつ歪量子井戸活性層を作製することができ、高信頼性の半導体レーザ装置が実現できる効果がある。

【0022】

また、1実施の形態では、上記引張歪の量が3.5%以内である。なお、上記量子井戸活性層が圧縮歪を有しており、その歪を補償するためにバリア層を利用しているので、バリ

10

20

30

40

50

ア層の引張歪の量の下限は0%を超えていればよい。

【0023】

上記実施の形態では、上記引張歪の量が3.5%以内であるので、より好適に上述の効果が得られる。

【0024】

また、1実施の形態では、上記上、下界面保護層の有する歪が、上記量子井戸活性層の有する歪を補償している。

【0025】

上記実施の形態では、上記上、下界面保護層の有する歪が、上記量子井戸活性層の有する歪を補償しているので、より安定した結晶をもつ歪量子井戸活性層を作製することができ、高信頼性の半導体レーザ装置が実現できる効果がある。 10

【0026】

また、1実施の形態の光ディスク再生記録装置は、上記半導体レーザ装置を備える。

【0027】

上記実施の形態によれば、上記半導体レーザ装置が従来よりも高い光出力で動作するため、光ディスクの回転速度を従来よりも高速化してもデータの読み書きが可能である。したがって、特に書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間が従来の半導体レーザ装置を用いた光ディスク再生記録装置よりも格段に短くなって、より快適に操作できる。 20

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。

【0029】

(実施の形態1)

図1は、本発明にかかる実施の形態1の半導体レーザ装置の構造を示したものである。この半導体レーザ装置は、 $n$ -GaAs基板101上に、 $n$ -GaAsバッファ層102、 $n$ -AlGaAs第1下クラッド層103、 $n$ -AlGaAs第2下クラッド層104、AlGaAs下ガイド層105、AlGaInAs下界面保護層106、図示しないInGaAsP圧縮歪量子井戸層(2層)とInGaAsPバリア層(3層)を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層107、AlGaInAs上界面保護層108、AlGaAs上ガイド層109、 $p$ -AlGaAs第1上クラッド層110および $p$ -GaAsエッチングストップ層111を順次積層している。この $p$ -GaAsエッチングストップ層111上に、メサストライプ形状の $p$ -AlGaAs第2上クラッド層112および底形状のGaAsキャップ層113を設けると共に、上記 $p$ -AlGaAs第2上クラッド層112およびGaAsキャップ層113の両側を、 $n$ -AlGaAs第1電流ブロック層115、 $n$ -GaAs第2電流ブロック層116および $p$ -GaAs平坦化層117からなる光・電流狭窄領域で埋め込み、さらに、全面に $p$ -GaAsキャップ層119を設けている。この半導体レーザ装置は、メサストライプ部121aと、そのメサストライプ部121aの両側方のメサストライプ部側方部121b、121bとを有する。 30

【0030】

次に、図2～図4を参照しながら、上記半導体レーザ装置の作製方法を説明する。 40

【0031】

まず、図2に示すように、(100)面を持つ $n$ -GaAs基板101上に、 $n$ -GaAsバッファ層102(層厚 $0.5\mu\text{m}$ )、 $n$ -Al<sub>0.466</sub>Ga<sub>0.534</sub>As第1下クラッド層103(層厚 $3.0\mu\text{m}$ )、 $n$ -Al<sub>0.498</sub>Ga<sub>0.502</sub>As第2下クラッド層104(層厚 $0.18\mu\text{m}$ )、Al<sub>0.433</sub>Ga<sub>0.567</sub>As下ガイド層105(層厚 $70\text{nm}$ )、Al<sub>0.3226</sub>Ga<sub>0.6074</sub>In<sub>0.07</sub>As下界面保護層106(歪 $0.54\%$ 、層厚 $10\text{nm}$ )、図示しないIn<sub>0.2111</sub>Ga<sub>0.7889</sub>As<sub>0.6053</sub>P<sub>0.3947</sub>圧縮歪量子井戸層(歪 $0.12\%$ 、層厚 $80\text{\AA}$ 、2層)とIn<sub>0.0932</sub>Ga<sub>0.9068</sub>As<sub>0.4071</sub>P<sub>0.5929</sub>バリア層(歪 50

1. 44%、基板側から層厚70Å・50Å・70Åの3層)を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層107、 $\text{Al}_{0.3226}\text{Ga}_{0.6074}\text{In}_{0.07}\text{As}$ 上界面保護層108(層厚10nm)、 $\text{Al}_{0.433}\text{Ga}_{0.567}\text{As}$ 上ガイド層109(層厚70nm)、p- $\text{Al}_{0.4885}\text{Ga}_{0.5115}\text{As}$ 第1上クラッド層110(層厚0.19μm)、p-GaAsエッチングストップ層111(層厚30Å)、p- $\text{Al}_{0.4885}\text{Ga}_{0.5115}\text{As}$ 第2上クラッド層112(層厚1.28μm)、GaAsキャップ層113(層厚0.75μm)を順次有機金属化学気相成長法にて結晶成長させる。

#### 【0032】

上記有機金属化学気相成長法による成長温度は、図10の成長温度プロファイルに示すように、上記バッファ層102から上記下ガイド層105までが750℃である。そして、成長を中断して680℃まで降温させてから、上記下界面保護層106から上記上界面保護層108までを順次積層する。その後、再び成長を中断して750℃まで昇温させてから、上記上ガイド層109から上記キャップ層113までを順次積層する。

#### 【0033】

さらに、図2において、図1に示すメサストライプ部121aを形成する部分に、レジストマスク114(マスク幅5.5μm)をストライプ方向が[011]方向を持つように写真工程により作製する。

#### 【0034】

次に、上記レジストマスク114以外の部分を、図3に示すように、エッチングし、メサストライプ部121aを形成する。このエッチングは硫酸と過酸化水素水の混合水溶液およびフッ酸を用いて二段階で行い、エッチングストップ層111直上まで行う。GaAsはフッ酸によるエッチングレートが非常に遅いということを利用し、エッチング面の平坦化およびメサストライプの幅制御を可能にしている。エッチングの深さは1.95μm、メサストライプの最下部の幅は約2.5μmである。エッチング後、上記レジストマスク114を除去する。

#### 【0035】

続いて、図4に示すように、上記エッチングストップ層111およびキャップ層113の上に、n- $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 第1電流ブロック層115(層厚1.0μm)、n-GaAs第2電流ブロック層116(層厚0.3μm)、p-GaAs平坦化層117(層厚0.65μm)を順次有機金属結晶成長させて、光・電流狭窄領域を形成する。

#### 【0036】

その後、写真工程により、上記メサストライプ部側方部121b、121b上にのみレジストマスク118を形成する。

#### 【0037】

続いて、上記メサストライプ部121a上の平坦化層117、第2電流ブロック層116および第1電流ブロック層115をエッチングにより除去する。このエッチングには、アンモニアと過酸化水素水の混合水溶液および硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用い、二段階でエッチングを行う。その後、上記レジストマスク118を除去して、図1に示すように、p-GaAsキャップ層119(層厚2.0μm)を積層する。このようにして、図1に示す構造の半導体レーザ装置を作製することができた。

#### 【0038】

本実施の形態1の半導体レーザ装置においては、発振波長は780nmであり、図6および図7に示すように、CODレベルが300mW以上、また85℃、200mWパルスの信頼性試験において5000時間以上の安定な動作を確認した。これまで発明者らは、GaAs基板上にてInGaAsP系の量子井戸活性層を用いた半導体レーザ装置の研究を進めており、今回、AlGaAs系に比べてCODレベルの高い半導体レーザ装置を作製することができた。そして、さらに高出力駆動時の半導体レーザ装置の寿命や信頼性を向上すべく、下ガイド層105および上ガイド層109にAlGaAsを用い、かつ、バリア層のInGaAsPの界面において、それぞれの成長温度の違いから成長の中断に起因



すると考えられる界面の結晶性の悪化による長期劣化に対して、下界面保護層106および上界面保護層108を設けることにより特性の向上を実現した。詳しくは、本実施の形態1のように、上記下AlGaAsガイド層105を積層した後に成長中断し、成長再開後は上記AlGaInAs下界面保護層106を成長した後にバリア層を積層するために、先述の界面の影響が下界面保護層106によってバリア層とは解離されるために、特性の向上につながったと考えられる。また、上記AlGaInAsP上界面保護層108をバリア層とAlGaAs上ガイド層109との間に設けることも、同様に特性の向上につながったと考えられる。

#### 【0039】

また、本実施の形態1においては、上、下界面保護層108、106をAlGaInAsとしたところ、信頼性試験後の半導体レーザ装置を解析しても、バリア層・井戸層には全く劣化が観察されないことが確認された。これは、上、下AlGaInAs界面保護層108、106が欠陥の増殖を抑える機能をもっていることを示している。その結果、高出力駆動時の高信頼性・長寿命な半導体レーザ装置を作製することができた。

#### 【0040】

また、本実施の形態1においては、発光再結合のおこる上記InGaAsP量子井戸層には、上記AlGaInAs上、下界面保護層108、106の存在により、AlGaAsからなる上、下ガイド層109、105を隣接させないことで信頼性を確保しながら、上記上、下ガイド層109、105がAlGaAsからなることにより、キャリアのオーバーフローはAlGaAsのコンダクションバンドのエネルギー( $E_c$ )およびバレンスバンドのエネルギー( $E_v$ )により十分に抑制する効果を得ることができた。通常、高信頼性を得るためにAlフリーの半導体レーザ装置を作る場合、ガイド層、クラッド層までInGaPなどで形成して全てAlフリーとする。しかし、本実施の形態1では、発振波長780nm帯のInGaAsPからなる上記量子井戸層に対するコンダクションバンドのエネルギー差( $\Delta E_c$ )、バレンスバンドのエネルギー差( $\Delta E_v$ )がバランスよく得られるAl混晶比が0.2より大きいAlGaAsからなる層を、上、下ガイド層109、105として設けている。図9に、AlGaAsからなるガイド層のAl混晶比に対する特性温度( $T_0$ )の関係を示すグラフを示す。ガイド層のAl混晶比が0.2よりも大きいAlGaAsの場合に温度特性が向上していることが確認されて、十分高い信頼性を得ることができた。

#### 【0041】

また、本実施の形態1においては、上述の通りGaAs基板101上のInGaAsPからなる圧縮歪量子井戸層が用いられており、これにより特に780nm帯において高信頼性・長寿命な高出力半導体レーザ装置が実現できた。また、上記圧縮歪量が3.5%以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。ここでいう歪量とは、GaAs基板101の格子定数を $a_{GaAs}$ 、井戸層の格子定数を $a_1$ とすると、 $(a_1 - a_{GaAs}) / a_{GaAs}$ で表される。この値が正であれば圧縮歪、負であれば引っ張り歪と呼ばれる。図8に井戸層の圧縮歪量の違いによる半導体レーザ装置の信頼性(70℃、230mW)を示すグラフを示す。圧縮歪量が3.5%を越えると信頼性が悪化しているのが分かる。これは、圧縮歪量が大き過ぎて結晶性が悪くなっていると考えられる。

#### 【0042】

また、本実施の形態1においては、InGaAsPからなる引張歪バリア層が用いられており、圧縮歪を有する量子井戸層に対してその歪量を補償しているので、より安定した結晶をもつ多重歪量子井戸活性層107を作製することができ、高信頼性の半導体レーザ装置が実現できた。また、上記引張歪量が3.5%以内であることにより、より好適に上述の効果が得られた。

#### 【0043】

また、本実施の形態1においては、上記量子井戸層が圧縮歪、上記バリア層が引張歪を有しており、各層について、層の歪量(圧縮方向を正、引張方向を負とする)と層厚との積を求め、これらの積の合計を求めると、この合計は負となっているため、多重歪量子井戸

活性層107としては、トータルで引張歪となっている。上記AlGaInAs上、下界面保護層108、106はGaAs基板101に対して圧縮歪を有していて、上記トータルの引張歪を補償しているため、より結晶性の安定につながり、高出力駆動時の高信頼性・長寿命な半導体レーザ装置を作製することができた。

【0044】

(実施の形態2)

図5は、本発明にかかる実施の形態2の半導体レーザ装置の構造を示したものである。この半導体レーザ装置は、n-GaAs基板201上に、n-GaAsバッファ層202、n-AlGaAs第1下クラッド層203、n-AlGaAs第2下クラッド層204、AlGaAs下ガイド層205、AlGaInAsP下界面保護層206、図示しないInGaAsP圧縮歪量子井戸層(3層)とInGaAsPバリア層(4層)を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層207、AlGaInAsP上界面保護層208、AlGaAs上ガイド層209、p-AlGaAs第1上クラッド層210およびp-GaAsエッチングストップ層211を順次積層している。このp-GaAsエッチングストップ層211上に、メサストライプ形状のp-AlGaAs第2上クラッド層212および底形状のGaAsキャップ層213を設けると共に、上記p-AlGaAs第2上クラッド層212およびGaAsキャップ層213の両側を、n-AlGaAs第1電流ブロック層215、n-GaAs第2電流ブロック層216およびp-GaAs平坦化層217からなる光・電流狭窄領域で埋め込み、さらに、全面にp-GaAsキャップ層219を設けている。この半導体レーザ装置は、メサストライプ部121aと、そのメサストライプ部121aの両側方のメサストライプ部側方部すなわち電流狭窄部121b、121bとを有する。

【0045】

次に、上記半導体レーザ装置の作製方法を説明する。

【0046】

まず、(100)面を持つn-GaAs基板201上に、n-GaAsバッファ層202(層厚0.5 $\mu$ m)、n-Al<sub>0.452</sub>Ga<sub>0.548</sub>As第1下クラッド層203(層厚3.0 $\mu$ m)、n-Al<sub>0.561</sub>Ga<sub>0.439</sub>As第2下クラッド層204(層厚0.18 $\mu$ m)、Al<sub>0.433</sub>Ga<sub>0.567</sub>As下ガイド層205(層厚10nm)、Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.435</sub>In<sub>0.265</sub>As<sub>0.595</sub>P<sub>0.405</sub>下界面保護層206(歪0.4976%、層厚31nm)、図示しないIn<sub>0.2670</sub>Ga<sub>0.7330</sub>As<sub>0.5753</sub>P<sub>0.4247</sub>圧縮歪量子井戸層(歪0.42%、層厚60Å、3層)とIn<sub>0.1287</sub>Ga<sub>0.8713</sub>As<sub>0.4071</sub>P<sub>0.5929</sub>バリア層(歪-1.18%、基板側から層厚100Å・50Å・50Å・100Åの4層)を交互に配置してなる多重歪量子井戸活性層207、Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.435</sub>In<sub>0.265</sub>As<sub>0.595</sub>P<sub>0.405</sub>上界面保護層208(歪0.4976%、層厚31nm)、Al<sub>0.433</sub>Ga<sub>0.567</sub>As上ガイド層209(層厚25nm)、p-Al<sub>0.4885</sub>Ga<sub>0.5115</sub>As第1上クラッド層210(層厚0.22 $\mu$ m)、p-GaAsエッチングストップ層211(層厚30Å)、p-Al<sub>0.4885</sub>Ga<sub>0.5115</sub>As第2上クラッド層212(層厚1.28 $\mu$ m)、GaAsキャップ層213(層厚0.75 $\mu$ m)を順次有機金属化学気相成長法にて結晶成長させる。

【0047】

また、上記有機金属化学気相成長法による成長温度は、図10の成長温度プロファイルに示すように、上記バッファ層202から上記下ガイド層205までが750℃である。そして成長を中断し680℃まで降温させてから、上記下界面保護層206から上記上界面保護層208までを順次積層する。その後再び成長を中断し750℃まで昇温させてから、上記上ガイド層209から上記キャップ層213までを順次積層する。

【0048】

その後、メサストライプを作製する工程から、p-GaAsキャップ層219を積層する工程までは実施の形態1と同様なので省略するが、メサストライプ部221a以外の電流

狭窄部221b, 221bに $n\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 第1電流ブロック層215、 $n\text{-GaAs}$ 第2電流ブロック層216、 $p\text{-GaAs}$ 平坦化層217を設け、光・電流狭窄領域を形成し、上記 $p\text{-GaAs}$ キャップ層219を積層することで、図5に示すような半導体レーザ装置を作製することができた。

#### 【0049】

本実施の形態2においては、実施の形態1と同様に発振波長は780nmであり、図7に示すように、85℃、230mWパルスの信頼性試験において5000時間以上の安定な動作を確認した。本実施の形態2では、上記 $\text{AlGaAs}$ 下ガイド層205を積層した後10に成長中断するが、成長再開後は上記 $\text{AlGaInAsP}$ 下界面保護層206を成長した後にバリア層を積層するために、先述の界面の影響がバリア層とは解離されるために、特性の向上につながったと考えられる。また、上記 $\text{AlGaInAsP}$ 上界面保護層208をバリア層と $\text{AlGaAs}$ 上ガイド層209との間に設けることも、同様に特性の向上につながったと考えられる。

#### 【0050】

また、本実施の形態2においては、上記上、下界面保護層208, 206を $\text{AlGaInAsP}$ としたことにより、上記 $\text{AlGaAs}$ 上、下ガイド層209, 205から結晶欠陥が増殖したとしても、上記バリア層でなく上記 $\text{AlGaInAsP}$ 上、下界面保護層208, 206中のInにより、その増殖を抑制することができるため、上記多重歪量子井戸活性層207自体の劣化を防ぐ効果があり、高出力駆動時の高信頼性・長寿命な半導体レーザ装置を作製することができた。 20

#### 【0051】

また、本実施の形態2においては、発光再結合のおこる $\text{InGaAsP}$ からなる圧縮歪量子井戸層には、上記 $\text{AlGaInAsP}$ からなる上、下界面保護層208, 206の存在により、 $\text{AlGaAs}$ からなる上、下ガイド層209, 205に隣接させないことで信頼性を確保しながら、上記上、下ガイド層209, 205が $\text{AlGaAs}$ からなることにより、キャリアのオーバーフローは $\text{AlGaAs}$ のコンダクションバンドのエネルギー( $E_c$ )およびバレンスバンドのエネルギー( $E_v$ )により十分に抑制することができた。

#### 【0052】

また、本実施の形態2においては、上述の通り $\text{GaAs}$ 基板201上の $\text{InGaAsP}$ からなる圧縮歪量子井戸層が用いられており、これにより特に780nm帯において高信頼性・長寿命な高出力半導体レーザ装置が実現され、高信頼性の高出力半導体レーザ装置が得られた。また、上記圧縮歪量子井戸層の圧縮歪量が3.5%以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。 30

#### 【0053】

また、本実施の形態2においては、 $\text{InGaAsP}$ からなる引張歪を有する上記バリア層が用いられており、圧縮歪を有する上記量子井戸層に対してその歪量を補償しているため、より安定した結晶をもつ多重歪量子井戸活性層207を作製することができ、高信頼性の半導体レーザ装置が実現された。また、上記引張歪量が3.5%以内であることにより、より好適に上記効果が得られた。

#### 【0054】

また、本実施の形態2においては、上記量子井戸層が圧縮歪、上記バリア層が引張歪を有しており、層の歪量(圧縮方向を正、引張方向を負とする)と層厚との積の合計は負となっているため、上記多重歪量子井戸活性層207としては、トータルで引張歪となっている。一方、上記上、下界面保護層208, 206である $\text{AlGaInAsP}$ は $\text{GaAs}$ 基板201に対して圧縮歪を有していて、このトータルの引張歪を補償しているため、より結晶性の安定につながり、高出力駆動時の高信頼性・長寿命な半導体レーザ装置を作製することができた。 40

#### 【0055】

上記実施の形態1および2において、上記 $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 上、下ガイド層109, 209, 105, 205と上、下界面保護層108, 208, 106, 20 50

6との間に、Al混晶比が $Al_{0.433}Ga_{0.567}As$ 上、下ガイド層109, 209, 105, 205よりも少ない、たとえば $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ の層を設けてもよい。これは、 $Al_{0.433}Ga_{0.567}As$ 上、下ガイド層109, 209, 105, 205が上、下界面保護層108, 208, 106, 206と接する部分において、Alの混晶比の小さい $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ の層を設けることにより、特に下界面保護層106, 206を積層する前の成長中断中に、最表面に露出しているAlが少なくなるので、より劣化の少ない、高信頼性・長寿命な半導体レーザ装置を作製することができる。

#### 【0056】

また、上記実施の形態1および2では、埋込リッジ構造としたが、これに限るものではない。リッジ構造、内部ストライプ構造、埋込ヘテロ構造など、あらゆる構造に対して同様の効果が得られる。

#### 【0057】

また、本実施の形態1および2では、n型基板101, 201を用いたが、p型基板を用い、上記実施の形態のn型、p型を入れ替えても、同様の効果は得られる。また、波長は780nmとしたが、これに限るものではない。760nm以上800nm以下であるいわゆる780nm帯であれば同様の効果が得られる。

#### 【0058】

また、上記実施の形態1および2では、p-GaAsキャップ層119および219はおおよそ2.0μmとしているが、おおよそ50μmと厚く積層してもよい。また、成長温度を750℃および680℃としているが、この温度に限るものではない。

#### 【0059】

(実施の形態3)

図11は、本発明の実施の形態3の光ディスク記録再生装置の構造を示したものである。この光ディスク記録再生装置は、光ディスク401にデータを書き込んだり、書き込まれたデータを再生するためのものであり、その際用いられる発光素子として、先に説明した実施の形態1の半導体レーザ装置402を備えている。

#### 【0060】

この光ディスク記録再生装置についてさらに詳しく説明する。書き込みの際は、上記半導体レーザ装置402から出射されたデータ信号がのったレーザ光は、コリメートレンズ403により平行光とされて、ビームスプリッタ404を透過する。このビームスプリッタ404を透過したレーザ光は、λ/4偏光板405で偏光状態が調節された後、対物レンズ406で集光されて、光ディスク401に照射されて、この光ディスク401にデータが記録される。

#### 【0061】

一方、読み出し時には、データ信号がのっていないレーザ光が書き込み時と同じ経路をたどって光ディスク401に照射される。このレーザ光がデータの記録された光ディスク401の表面で反射されて、データ信号がのった再生光となる。この再生光は、レーザ光照射用対物レンズ406、λ/4偏光板405を経た後、ビームスプリッタ404で反射されて、90°角度を変えた後、再生光用対物レンズ407で集光されて、信号検出用受光素子408に入射する。この信号検出用受光素子408内で入射したレーザ光の強弱によって、レーザ光にのったデータ信号が電気信号に変換されて、信号光再生回路409において元の信号に再生される。

#### 【0062】

上記実施の形態3の光ディスク記録再生装置は、従来の半導体レーザ装置よりも高い光出力で動作する半導体レーザ装置402を用いているため、ディスクの回転速度を従来よりも高速化してもデータの読み書きが可能である。したがって、特に書き込み時に問題となっていた光ディスクへのアクセス時間が従来の半導体レーザ装置を用いた光ディスク記録再生装置よりも格段に短くなって、この光ディスク記録再生装置はより快適に操作できる。

## 【0063】

なお、ここでは、上記半導体レーザ装置を記録再生型の光ディスク装置に適用した例について説明したが、同じ波長780nm帯を用いる光ディスク記録装置、光ディスク再生装置にも適用可能であることは言うまでもない。

## 【0064】

なお、本発明の半導体レーザ装置および光ディスク再生記録装置は、上述の図示例にのみ限定されるものではなく、たとえば、各層の混晶比、量子井戸層・バリア層の層厚や層数など、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

## 【0065】

## 【発明の効果】

以上より明らかなように、本発明によれば、AlGaInAsまたはAlGaInAsPからなる上、下界面保護層を、量子井戸活性層と上ガイド層との間と上記量子井戸活性層と下ガイド層との間に設けているので、劣化による結晶欠陥の増殖を、バリア層でなく上記上、下界面保護層中のInにより抑制することができて、量子井戸活性層自体の劣化を防ぐことができ、したがって、高出力駆動時の高信頼性・長寿命な半導体レーザ装置を得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1にかかる半導体レーザ装置をストライプ方向に対して垂直な方向に切断した断面図である。

【図2】本発明の実施の形態1にかかる半導体レーザ装置を、第1回結晶成長マスクプロセス終了後において、ストライプ方向に対して垂直な方向に切断した断面図である。

【図3】本発明の実施の形態1にかかる半導体レーザ装置を、メサストライプ形成エッチングプロセス終了後において、ストライプ方向に対して垂直な方向に切断した断面図である。

【図4】本発明の実施の形態1にかかる半導体レーザ装置を、電流ブロック層埋め込み結晶成長プロセス終了後において、ストライプ方向に対して垂直な方向に切断した断面図である。

【図5】本発明の実施の形態2にかかる半導体レーザ装置をストライプ方向に対して垂直な方向に切断した断面図である。

【図6】従来および本発明にかかる半導体レーザ装置の、光出力ー電流特性を示すグラフである。

【図7】界面保護層の有無による半導体レーザ装置の信頼性（85℃、200mW）の違いを示すグラフである。

【図8】井戸層の圧縮歪量の違いによる半導体レーザ装置の信頼性（70℃、230mW）を示すグラフである。

【図9】本発明にかかる半導体レーザ装置において、ガイド層のAl混晶比に対する温度特性（T<sub>0</sub>）の関係を示すグラフである。

【図10】本発明の実施の形態1および2に係る半導体レーザ装置の成長温度プロファイル図である。

【図11】本発明の実施の形態3に係る光ディスク記録再生装置の概略図である。

【図12】従来の半導体レーザ装置をストライプ方向に対して垂直な方向に切断した断面図である。

## 【符号の説明】

101, 201	基板
105, 205	下ガイド層
106, 206	下界面保護層
107, 207	多重歪量子井戸活性層
108, 208	上界面保護層
109, 209	上ガイド層
402	半導体レーザ装置

10

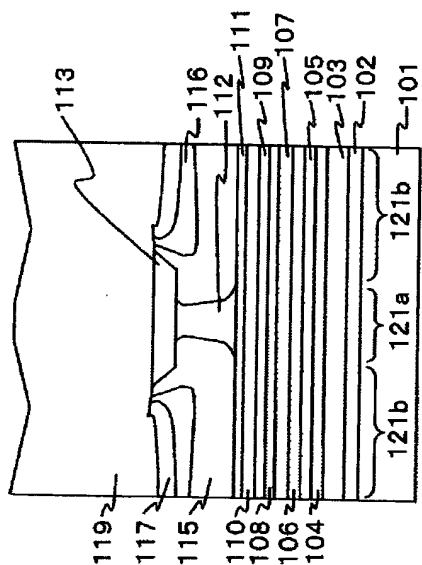
20

30

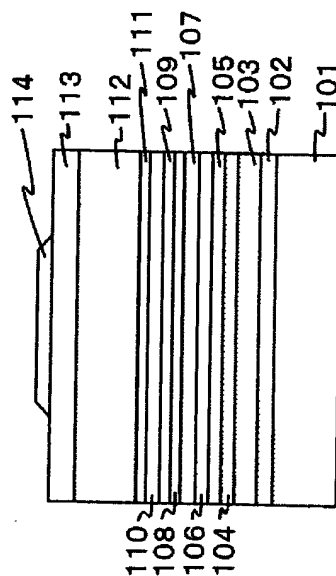
40

50

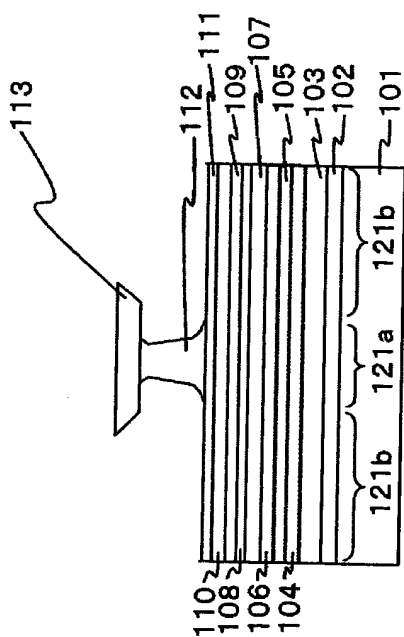
【図 1】



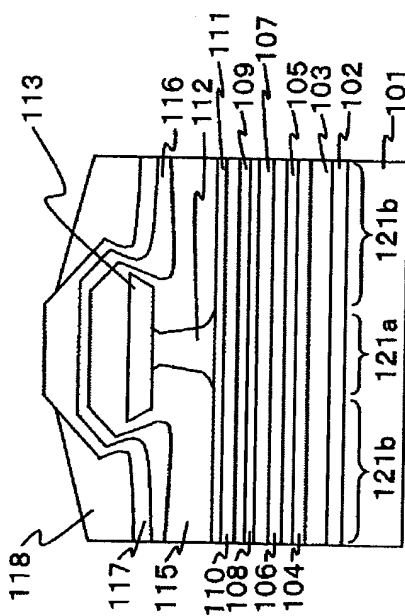
【図 2】



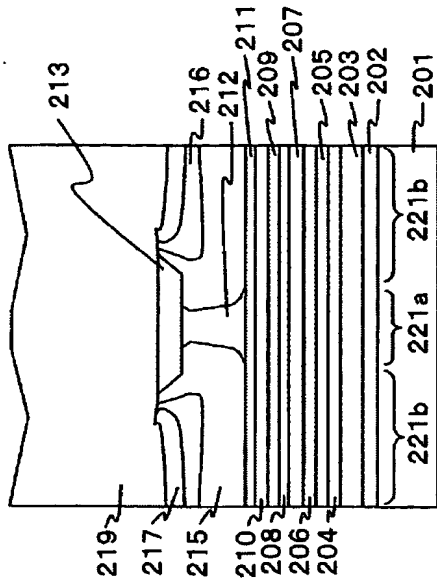
【図 3】



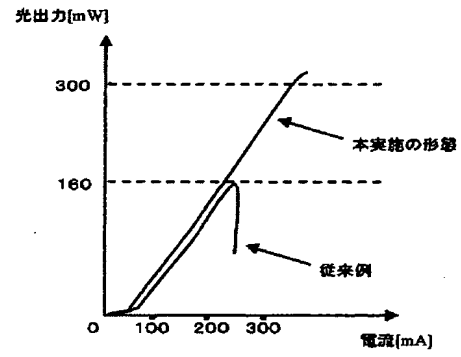
【図 4】



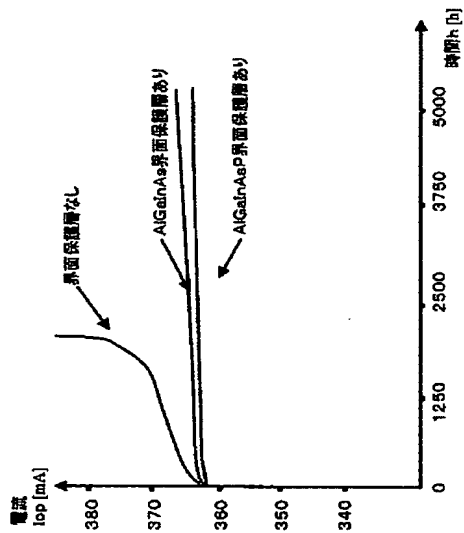
【図 5】



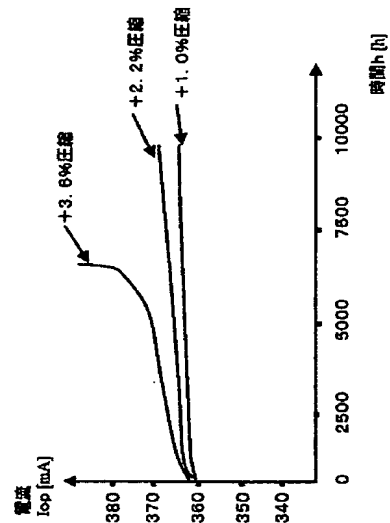
【図 6】



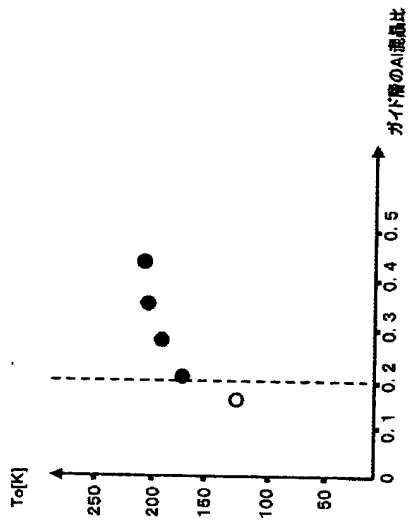
【図 7】



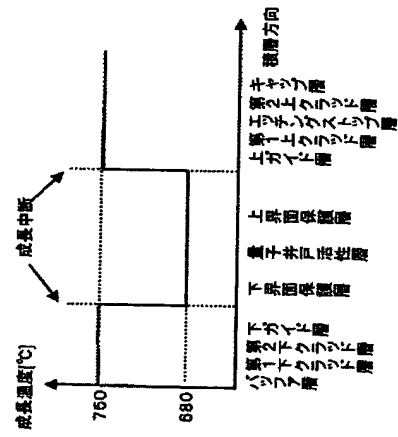
【図 8】



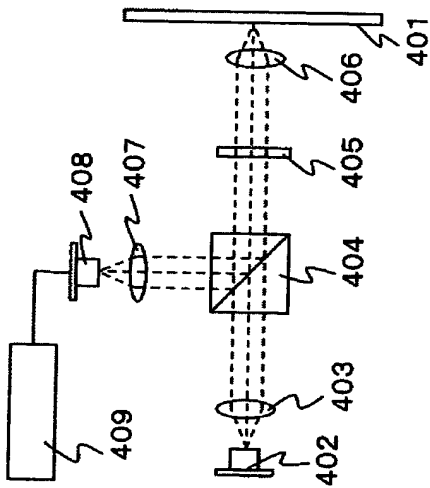
【図 9】



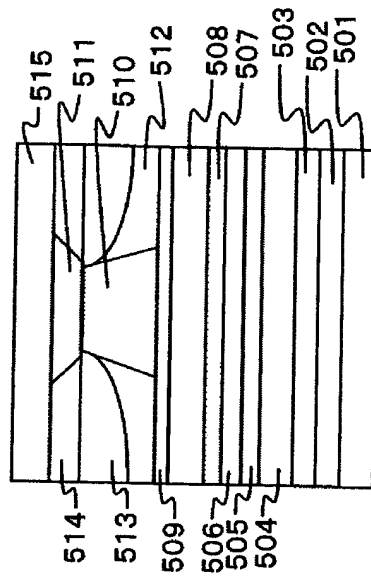
【図 10】



【図 11】



【図 12】





---

フロントページの続き

(72)発明者 蛭川 秀一

大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA09 AA22 AA89 BA06 CA13 CB02 EA24 EA28

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**